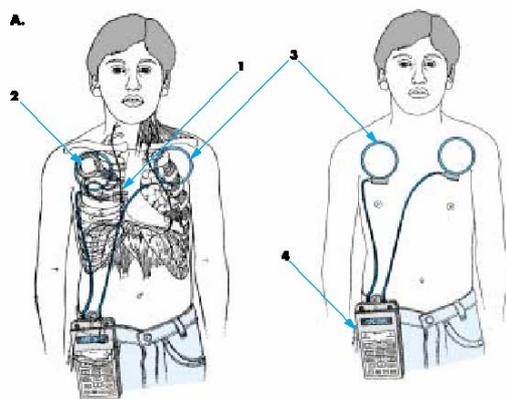


# Stimulation phrénique implantée

Certaines affections rendent les patients qui en souffrent dépendants d'une ventilation mécanique externe (généralement en pression positive intermittente *via* une trachéotomie) en raison d'une atteinte de la commande ventilatoire (paralysie respiratoire centrale), alors même que l'effecteur principal de l'inspiration, le diaphragme, est intact. Il peut s'agir d'interruptions de la transmission de la commande (essentiellement lésions médullaires cervicales hautes post traumatiques) ou d'anomalies de la genèse de cette commande (hypoventilation alvéolaire centrale, congénitale ou acquise). La stimulation phrénique implantée, méconnue et d'autant plus orpheline en France que non reconnue par l'assurance maladie, permet de restaurer une contraction diaphragmatique et ainsi de débarrasser les patients de la contrainte d'un ventilateur. Cette revue vise à présenter la technique et à en décrire les perspectives.

## Principe technique – Coûts.

La stimulation phrénique implantée repose sur la transmission par radiofréquences, au moyen d'antennes, à un récepteur implanté relié à une électrode phrénique, d'énergie et d'informations produites et modulées par un contrôleur extérieur (*figure 1*). Le système finlandais (Atrotech) est fourni avec un système de contrôle qui permet au médecin d'avoir accès à certains réglages (soupir, temps inspiratoire, pente de l'inspiration, fréquence inter impulsions), qui permettent un ajustement très fin des caractéristiques de la contraction diaphragmatique. À la différence de ventilateurs classiques, les stimulateurs phréniques, s'ils comportent une alarme d'alimentation électrique, ne sont équipés d'aucun système de monitoring permettant de contrôler le résultat de leur action, ce qui n'est pas sans poser des problèmes majeur médicaux et médico-légaux. La stimulation phrénique implantée est une technique onéreuse. Le stimulateur Atrotech® revient à environ 300.000 F à l'achat. Lors d'une décision d'implantation, il faut non seulement trouver le financement initial, mais encore prévoir des fonds pour l'acquisition d'un spiromètre électronique destiné au monitoring, et le remplacement périodique des antennes (environ 3.000 F pour une paire), dont la durée de vie varie entre 3 mois et 4 ans. L'absence de contrat de maintenance n'est pas le moindre des problèmes, en particulier au-delà de la garantie qui est de 2 ans pour les parties implantées (électrodes et récepteurs), d'un an pour les parties externes (stimulateur), et de 6 mois pour les antennes et les câbles. Le coût global de la prise en charge d'une implantation a été évalué par l'Assistance publique hôpitaux de Paris selon la méthode dite du coût standard direct (coûts de l'équipement, des consommables et produits pharmaceutiques, des actes médico-techniques, du séjour hospitalier) : **il oscille autour de 400.000 F (60.000 €).**



**Figure 1.** A : présentation générale d'un stimulateur phrénique, vue interne (à gauche) et externe (à droite). 1. électrode implantée (voie thoracique) ; 2. récepteur sous-cutané ; 3. antenne de transmission ; 4. boîtier de commande. B : détail de l'insertion de l'électrode sur le nerf phrénique (1), et récepteur implanté (2).

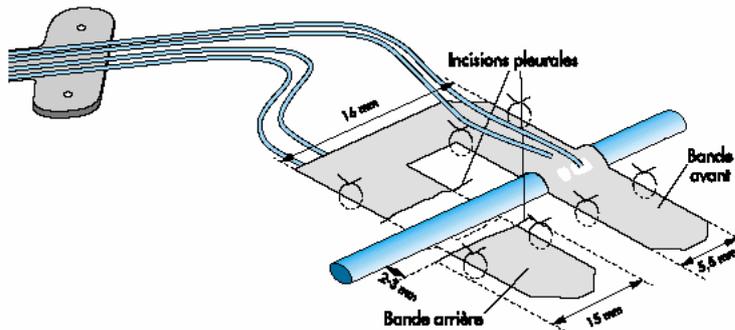
## Indications.

Entre autres, les patients tétraplégiques à la suite d'une lésion médullaire haute (le plus souvent traumatique) ; l'objectif de la stimulation phrénique implantée est le sevrage, au moins diurne, de la ventilation mécanique. L'implantation doit être réalisée à distance du traumatisme, chez un malade stabilisé, en sachant qu'il faut trouver un compromis entre cette stabilisation et l'atrophie diaphragmatique de dénervation. En pratique, le délai est de 12 à 18 mois. Des implantations ont été réalisées avec succès jusqu'à trois ans après un traumatisme médullaire.

## Réalisation pratique.

Le site thoracique (en regard de la veine cave supérieure pour le phrénique droit, du tronc de l'artère pulmonaire pour le phrénique gauche) (*figure 5*) donne la certitude que l'intégralité des fibres nerveuses sera stimulée, évite le risque de traumatisme direct ou indirect, mais impose une intervention plus lourde. Il ne s'agit pas d'une chirurgie difficile (dans la série parisienne une vingtaine de minutes se sont avérées suffisantes pour chaque nerf une fois le chirurgien familiarisé avec l'abord et la technique de mise en place des électrodes). Il est indispensable de contrôler le bon fonctionnement des électrodes en per-opératoire, en déterminant les seuils de stimulation qui doivent toujours être inférieurs à 1 mA.

Quelques tâtonnements peuvent être nécessaires pour obtenir ce résultat, en positionnant correctement le nerf sur le berceau de tissu qui supporte les électrodes (figure 6). Le risque essentiel est de léser le nerf, ce qui compromet non seulement le succès de la technique, mais également et surtout la ventilation spontanée chez ceux des patients qui en conservent une (hypoventilation centrale congénitale par exemple). Il faut prêter une attention particulière au respect de la vascularisation du nerf lors de sa dissection, et ne pas exercer de traction ni de striction lors de la mise en place des électrodes. Les récepteurs doivent être implantés à au moins 15 cm l'un de l'autre, pour éviter toute interférence. Ils doivent reposer sur une zone relativement rigide, en pratique sur le grill costal. *Stimulation.* Un délai post-opératoire de deux semaines doit être respecté. Le premier essai vise à déterminer les seuils de réponse diaphragmatique (un contrôle manuel suffit), ainsi que les intensités nécessaires à la production d'un volume courant satisfaisant. Après cette mise en route, la conduite de la stimulation dépend de l'indication.



**Figure 6.** Détail d'une électrode quadri-polaire de stimulateur phrénique Atrotech®, montrant le positionnement du nerf sur le berceau supportant les contacts.

En cas de paralysie respiratoire complète permanente, l'atrophie diaphragmatique empêche d'envisager d'emblée une ventilation stimulée durable et un reconditionnement est nécessaire. Pour l'obtenir, on répète, à des fréquences variables selon les protocoles, des périodes de stimulation dont la durée reste en deçà du seuil de fatigue (on fixe généralement une réduction de 50 % des volumes courants produits à la mise en route comme critère d'arrêt). La durée initiale de stimulation possible n'est pas prévisible, pouvant aller de moins de 5 min dans les cas d'atrophie les plus sévères, à quelques dizaines de minutes. La durée nécessaire à l'obtention d'une autonomie ventilatoire sans fatigue varie de quelques jours à quelques semaines, la stimulation quadri-polaire alternative propre au stimulateur Atrotech® (modèle finlandais) permettent d'accélérer le processus. Le monitoring du volume courant cycle à cycle est nécessaire à la sécurité du patient pendant toute la période de reconditionnement. Une fois la stabilité achevée, il n'est plus indispensable, mais il convient de laisser à la disposition du patient et de son entourage un dispositif permettant une vérification rapide de la ventilation en cas de problème. Une fois l'autonomie respiratoire obtenue, aucune procédure particulière n'est nécessaire sauf incident ou accident, hormis un changement régulier des batteries du stimulateur et des antennes.

## Résultats.

Depuis les années 70, 1 500 à 2 000 implantations de stimulateurs phréniques ont été réalisées dans le monde. La technique est indiscutablement efficace : elle permet en effet d'obtenir des échanges gazeux normaux, sans les inconvénients de la ventilation en pression positive (gêne au retour veineux, etc.), en permettant l'indépendance d'un ventilateur externe, et, par fois, la fermeture de la trachéotomie. La possibilité de sevrage d'un ventilateur externe grâce à la stimulation phrénique implantée est une réalité. Qu'il s'agisse d'un bénéfice est une évidence. Concernant les patients tétraplégiques, le sevrage permet une mobilisation plus facile, pour les soins (toilette, passage au fauteuil) et la vie quotidienne (sortie du domicile). Parmi les sources d'amélioration de la qualité de vie, il faut prendre en compte des éléments qui ne sont pas mineurs pour les patients et leurs familles, comme la suppression de la nuisance sonore liée à la ventilation, ou le rétablissement d'un flux gazeux à travers les voies aériennes supérieures permettant dans certains cas la récupération de sensations olfactives. Le vécu des patients quant aux bénéfices de la stimulation phrénique implantée en termes d'amélioration de la communication verbale est variable.

## Conclusions.

La stimulation phrénique implantée permet, au sein d'un groupe de patients rigoureusement sélectionnés, d'obtenir l'indépendance d'un ventilateur externe. Les bénéfices médicaux semblent évidents, les bénéfices économiques probables. Actuellement en France, la majorité des patients concernés ne peuvent pas bénéficier de la technique faute de prise en charge financière par le système de soins, ce qui constitue une anomalie claire à l'échelon individuel, ainsi qu'un frein au développement de la méthode, tant sur le plan technologique que médical. Il est en effet possible d'envisager des indications élargies par rapport aux indications actuelles, mais ceci n'est concevable qu'en parallèle avec une simplification technique et une réduction des coûts. Un travail considérable reste donc à faire.